

一流短距離選手の接地期および滞空期における身体移動に関する分析

福田厚治¹⁾ 貴嶋孝太²⁾ 浦田達也³⁾ 中村力⁴⁾ 山本篤⁴⁾ 八木一平⁴⁾ 伊藤章³⁾

1) 兵庫県立大学 2) 国立スポーツ科学センター 3) 大阪体育大学 4) 大阪体育大学大学院

I. はじめに

本報告では、2012年および2013年に日本陸上競技連盟科学委員会による男子短距離選手のバイオメカニクスサポート活動として行われた対象競技会の100mにおける疾走動作の分析結果から、中間疾走時の接地時間および滞空時間、また、接地期距離および滞空期距離を中心に報告する。

II. 方法

1. 対象選手 (表1)

2012年織田記念陸上および日本選手権における男子100m上位入賞者のうち、各競技会の決勝レースにおいて分析可能であった選手のうち上位から3名ずつと2013年織田記念陸上において最もいい記録であった選手1名の延べ7名(実質6名)がおもな対象選手である(記録;10.01から10.36秒)。また、これらの日本トップクラスの選手よりもさらに競技レベルの高い選手のデータと合わせて検討するため、2007年に開催された世界陸上大阪大会の研究報告(福田ほか, 2010)において分析されている優勝および3位入賞した世界一流選手2名(9.85秒, 9.96秒)と日本代表選手2名(10.14秒, 10.20秒)についても下記の項目について新たに算出した。

2. ビデオ撮影と分析

各大会において100m直走路のスタート後の50mから60m付近を分析対象区間として、スタンド最上段より2台のハイスピードカメラを用いて毎秒200コマで選手の疾走動作を撮影した。その映像を基に疾走動作の1サイクル分について身体各部24点のデジタル化を行い、3次元DLT法を用い分析した。そのデータを矢状面上に投影して得られる2次元座標を用い、各種の項目の値を算出した。

3. 算出項目

各項目とその定義は以下のとおりである(図1参照)。

- ① 疾走速度;ランニング1サイクル(左右1歩ずつ)における身体重心の水平平均速度。分析対象区間からほぼ最高疾走速度であると考えられる。
- ② ストライド;下記の接地期距離と滞空期距離について、例えば右脚の接地期とそれに続く滞空期のそれぞれの距離を足したものを右脚によるものとする左右の平均値。また、体格差を考慮し身長比も算出した。
- ③ ピッチ;疾走速度をストライドで除した値で、1秒間あたりの歩数を示す。なお、ピッチの逆数として求めた1歩あたりの時間を本報告ではステップタイムとした。
- ④ 接地時間および滞空時間;接地の瞬間から離地までを接地期とし、その所要時間の左右の平均値を接地時間、または離地直後から接地までの身体が空中にある期間を滞空期とし、その所要時間の左右の平均値を滞空時間とした。なお、両者を合わせたものがステップタイムにあたる。
- ⑤ 接地時間率;ステップタイムのうち接地時間が占める割合の左右の平均値。
- ⑥ 接地期距離および滞空期距離;接地瞬間から離地までの接地期における身体重心の水平移動距離

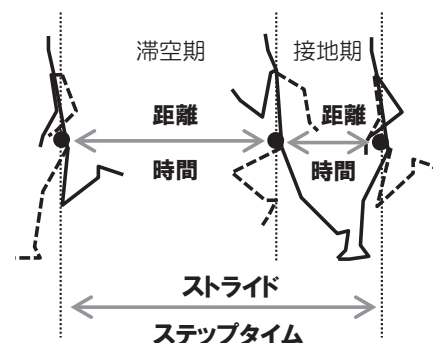


図1. 各種距離および時間の区分定義

離の左右の平均値を接地期距離，その離地から反対脚による次の接地までの滞空期における身体重心の水平移動距離の左右の平均値を滞空期距離とした．なお，両者を合わせたものがストライドにあたる．また，体格差を考慮し身長比を算出した．

- ⑦ 接地期距離率；ストライドのうち接地期距離が占める割合の左右の平均値．

なお，本報告では疾走速度とそれぞれの分析項目の関係性についてピアソンの相関係数を用い，有意水準は5%未満とした．

III. 結果と考察

本報告は，実際の競技会での100mの走運動における身体重心の移動の観点のうちその時間および距離に着目し，各算出項目について疾走速度すなわち競技レベルとの関係性を調べ，その特徴を検討したものである．対象選手は，日本および世界のトップを争う選手である．記録やその疾走速度からみても，ある程度まとまった非常に競技レベルの高い選手たちだけについてみたものであると言えるため，対象レベルの高さが異なるものやそのレベル幅を広く検討しているような研究報告などとは異なる結果となっている場合があるということを理解しておいていただきたい．なお，本報告では各選手の特徴の詳細については特に言及しない．

1. 疾走速度 (表1)

まず最高疾走速度は，競技記録と強く関係するものとして広く知られているが，今回のように非常に高く限られたレベルの選手だけについて調べた場合であっても，その関係性が非常に高かったということ述べておく (図2)．

2. ストライドおよびピッチ (表1)

次に疾走速度を構成するものとして知られているストライドおよびピッチについてである．最初に，ストライドとは単に歩幅や脚の前後への開き具合をイメージして用いられることが多い言葉であるが，方法および図1でも示したように身体重心が接地期と滞空期を合わせた1歩で移動した距離を意味するものでもあることをあらためて書き添えておく．

そのストライドは疾走速度と有意な正の相関関係がみられた (図3-a)．しかし，ストライドの身長比をみると身長のおよそ1.3倍前後の似たような値であることが示され，疾走速度との間に有意な相関関係はみられなかった (図3-b)．

また，ピッチについても疾走速度との間に有意な相関関係はみられなかった (図3-c)．今回の対象選手のピッチは皆5歩/秒前後の似通った値であったことが偶然かどうかは不明であるが，おそらく，対象選手の競技レベルが非常に高い上にその幅が比較的狭かったこと，そしてピッチ自体が非常に高い水準の値であることなどが原因ではないかと推測される．したがって，1歩に要する時間であるステップタイムも皆おおよそ0.2秒/歩前後の値であり，

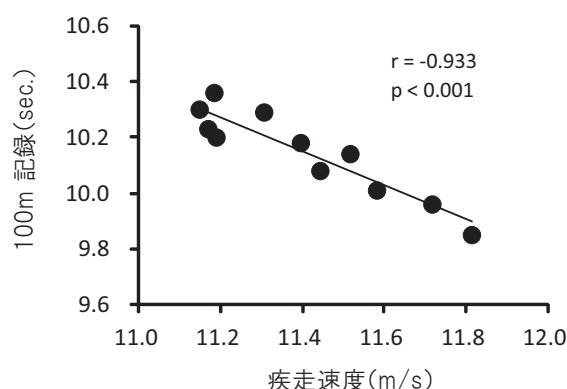


図2. 走速度と記録の関係

表1. 分析対象レースの記録および走速度，ストライド，ピッチ，ステップタイム

選手名	大会名	記録 (sec.)	走速度 (m/s)	ストライド (m/歩)	ストライド 身長比	ピッチ (歩/s)	ステップタイム (s/歩)
桐生祥秀	2013織田記念	10.01	11.58	2.32	1.32	5.00	0.200
山縣亮太	2012織田記念	10.08	11.45	2.29	1.30	5.00	0.200
江里口匡史	2012織田記念	10.18	11.40	2.28	1.34	5.00	0.200
大瀬戸一馬	2012織田記念	10.23	11.17	2.29	1.29	4.88	0.205
江里口匡史	2012日本選手権	10.29	11.31	2.32	1.36	4.88	0.205
九鬼巧	2012日本選手権	10.30	11.15	2.18	1.28	5.12	0.195
飯塚翔太	2012日本選手権	10.36	11.19	2.29	1.24	4.88	0.205
T. Gay	2007世界陸上	9.85	11.82	2.42	1.32	4.88	0.205
A. Powell	2007世界陸上	9.96	11.72	2.40	1.26	4.88	0.205
N. Asahara	2007世界陸上	10.14	11.52	2.42	1.35	4.76	0.210
N. Tsukahara	2007世界陸上	10.20	11.19	2.24	1.24	5.00	0.200

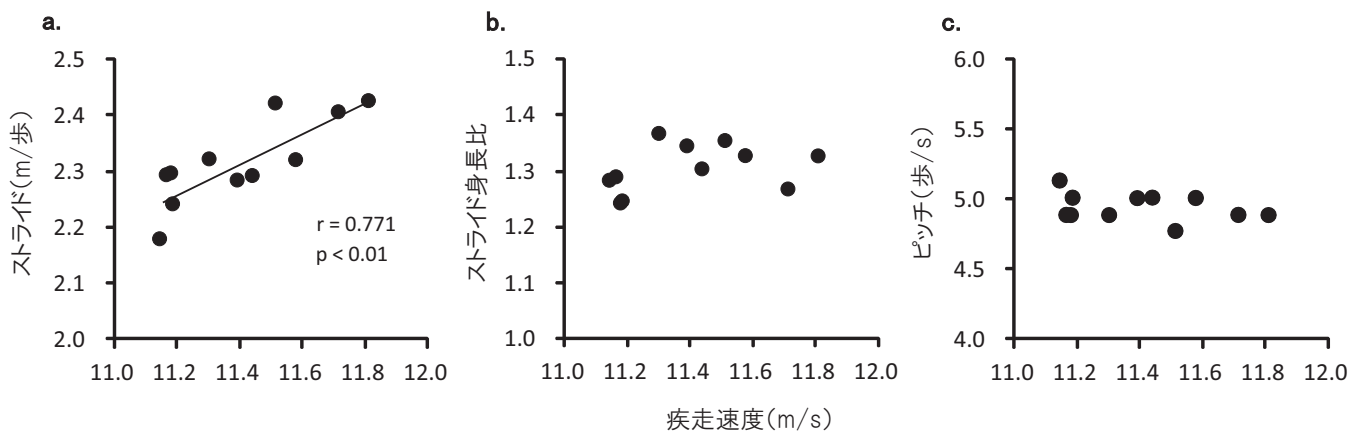


図 3. 走速度とストライドおよびピッチの関係

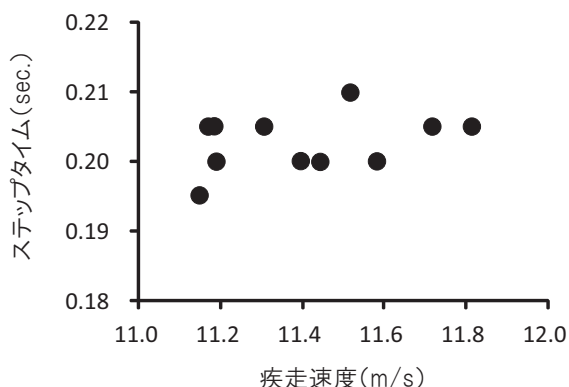


図 4. 走速度とステップタイムの関係

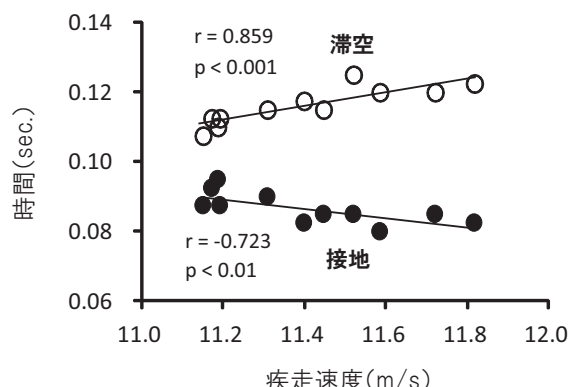


図 5. 走速度と接地時間 (●) および滞空時間 (○) の関係

疾走速度とは有意な相関関係は認められなかった (図 4)。

3. 接地時間および滞空時間 (表 2)

上記のことを踏まえて、ステップタイムの構成要素である接地時間と滞空時間を分けて調べることで、そのおよそ 0.2 秒 / 歩のステップタイムがどのような配分で構成されているのかについて検討した。接地時間は文字通り足が地面に接している時間であるが、その地面と接している部分だけでなくランニングの全体像に視点を置けば、地面に接している足の上を身体が移動していく時間とも言える。この接地時間は疾走速度との間に有意な負の相関関係がみられた (図 5: ●)。これまでのさまざまな研究でも本報告と同様に有意性の有無にかかわらず疾走速度の高い選手のほうが接地時間は短い傾向があると示されてきていることが比較的多いが、今回においてもそのような結果であったということである。

一方、滞空時間については疾走速度と正の相関関係がみられた (図 5: ○)。したがって、接地時間と滞空時間を合わせたものであるステップタイムの

うち接地時間が占める割合を表す接地時間率と疾走速度は有意な負の相関関係、相対する滞空時間率と疾走速度の間には正の相関関係がみられた (図 6)。このことは、対象選手のステップタイムが疾走速度にかかわらずだいたい皆似たような値であったことと高速度での疾走時は接地中も空中も身体の水平移動速度が高いことがその関係性に影響していると推測される。

表 2. 接地時間、滞空時間、接地時間率

選手名	接地時間 (sec.)	滞空時間 (sec.)	接地時間率 (%)
桐生祥秀 (13織田)	0.080	0.120	40.00
山縣亮太 (12織田)	0.085	0.115	42.50
江里口匡史 (12織田)	0.083	0.118	41.25
大瀬戸一馬 (12織田)	0.093	0.113	45.12
江里口匡史 (12日本)	0.090	0.115	43.90
九鬼巧 (12日本)	0.088	0.108	44.87
飯塚翔太 (12日本)	0.095	0.110	46.34
T. Gay (07世界)	0.083	0.123	40.24
A. Powell (07世界)	0.085	0.120	41.46
N. Asahara (07世界)	0.085	0.125	40.48
N. Tsukahara (07世界)	0.088	0.113	43.75

※記載を省略しているが100%から接地時間率を差し引いた値が滞空時間率にあたる

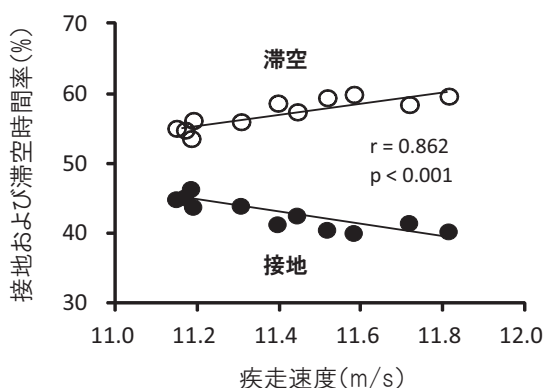


図 6. 走速度とステップタイムに対する接地時間率 (●) および滞空時間率 (○) の関係

また、先述のようにステップタイムは今回の対象選手では平均的におよそ 0.2 秒 / 歩であったが、世界一流選手など疾走速度の高い選手は接地時間率がおよそ 40% の 0.08 秒程度、一方の滞空時間率はおよそ 60% の 0.12 秒程度であった。対象選手の中で疾走速度にやや劣る日本人選手には接地時間が 46% 程度、滞空時間が 54% 程度の割合の選手もいた。これは今回のようにステップタイムおよびピッチが同じような条件下では、疾走速度が低ければ接地時間の増加と滞空時間の減少がもたらされるため、両者の比率が近づくようになっていくことによるものであると考えられる。しかしながら、今回はそれぞれの値が 50% にまでなるような選手はいなかった。1980 年代の世界および日本の一流選手について報告した宮下ほか (1986) のデータにおいては接地時間に対する滞空時間の大きさを示す滞空時間比が 1.0 程度、つまり、接地時間と滞空時間の比率が 50 : 50 あたりとなるような選手が対象男性選手 5 名中 3 名もいたことなどは近年とは異なる点である。しかし、その報告において最もレース記録がいい選手で 10.13 秒であったことからわかるよ

うに、当時は世界記録が 9.93 秒であったこと、かつ 9 秒台で走る選手は非常に少数であったこと、そして、ピッチが選手によって大きく異なっていたことなどが近年との違いに作用している可能性があると考えられる。近年の日本を含む世界的なレベルとは記録のみならずもちろん疾走速度なども異なるため、新たに検討し直していく必要があるだろう。

4. 接地期距離および滞空期距離 (表 3)

対象選手の接地期距離は平均的に 0.97m 程度であり、疾走速度との間に有意な相関関係はみられなかった (図 7-a : ●)。しかし、身長比ではおよそ 52 から 58% にわたっており、疾走速度と有意な負の相関関係がみられた (図 7-b : ●)。つまり、体格差を排除すれば疾走速度が高いほうが接地期距離は小さく、疾走速度がやや低い日本人選手の多くは身長的にもやや小柄な割には大きめの接地期距離で移動しているということであり、実際の距離としては対象選手は皆大差のない移動量となっていたということである。したがって、このように疾走速度の高い選手も低い選手も接地中の移動量が同じようであるならば、疾走速度の違いはその接地中の移動をこなす速さの違いにあたるものであり、その結果、接地時間の違いに作用していると考えられる。

疾走速度と滞空期距離については絶対値も身長比も有意な正の相関関係を示していた (図 7-a, b : ○)。これは、速い選手のほうが滞空期の移動距離が大きいことを示しており、かつ滞空時間は先述のように長いのである。本報告では選手間の競技レベル差が比較的小さかったにもかかわらず、これらのように疾走速度との関係がはっきり示されていたことは、短距離走におけるこれらの空中での出来事に大きく関係するのは身体重心の水平速度すなわち疾走速度であることを示唆していると考えられる。この滞空

表 3. 接地期距離, 滞空期距離, 接地期距離率

選手名	接地期距離 (m)	滞空期距離 (m)	接地期距離 身長比	滞空期距離 身長比	接地期距離率 (%)
桐生祥秀 (13織田)	0.917	1.401	0.52	0.80	39.56
山縣亮太 (12織田)	0.955	1.334	0.54	0.76	41.73
江里口匡史 (12織田)	0.932	1.349	0.55	0.79	40.85
大瀬戸一馬 (12織田)	0.991	1.299	0.56	0.73	43.28
江里口匡史 (12日本)	0.991	1.328	0.58	0.78	42.72
九鬼巧 (12日本)	0.991	1.186	0.58	0.70	45.52
飯塚翔太 (12日本)	0.993	1.301	0.54	0.70	43.30
T. Gay (07世界)	0.989	1.434	0.54	0.78	40.80
A. Powell (07世界)	0.984	1.419	0.52	0.75	40.94
N. Asahara (07世界)	0.965	1.453	0.54	0.81	39.91
N. Tsukahara (07世界)	0.997	1.241	0.55	0.69	44.55

※記載を省略しているが100%から接地期距離率を差し引いた値が滞空期距離率にあたる

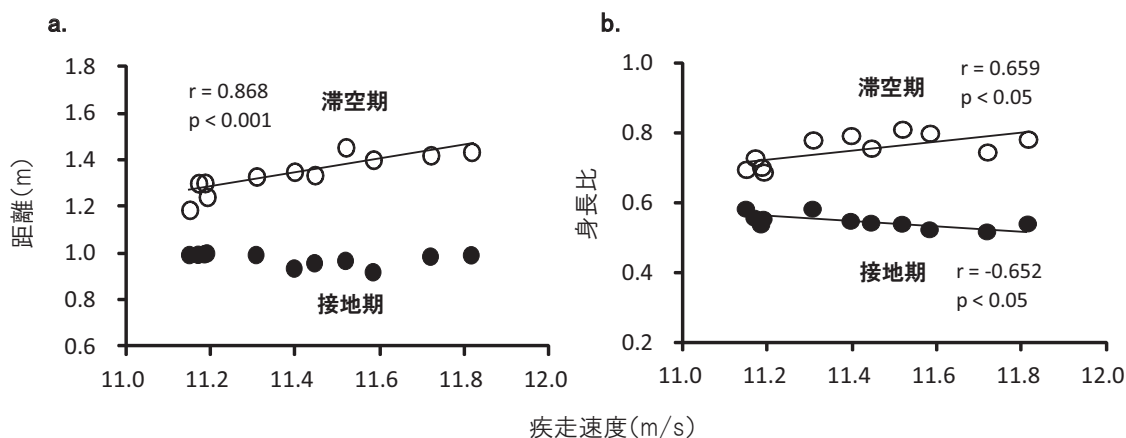


図 7. 走速度と接地期距離 (●) および滞空期距離 (○) の関係

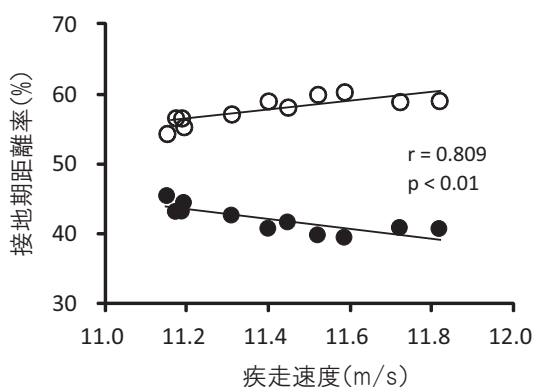


図 8. 走速度とストライドに対する接地期距離率の関係

期距離は疾走速度が高めで値の大きい選手は 1.45m 程度、疾走速度が低めで値の小さい選手は 1.2m 弱であり、宮下ほか (1986) が報告した当時の一流選手の値に比べると、近年の世界および日本の一流選手は疾走速度の進歩とともに、平均的に接地期距離は小さくなり、滞空期距離は大きくなっていることがわかる。そして、先述したように接地期距離と滞空期距離を合わせたものであるストライドに対して接地期距離の占める割合 (接地期距離率) は世界一流選手がおよそ 40%、日本人選手らには 45% 近い選手もいるなど、疾走速度の高い選手のほうがストライドが大きい割に接地中の身体重心の水平移動の大きさが小さく、空中の身体重心水平移動が大きい (図 8) ということが示されていたため、ストライドは滞空期距離に依存するということがわかる。すなわち、この滞空期距離を大きくすればストライドは大きくなるということだが、滞空期距離を大きくする主要因は例えばボール投げならリリース時のボールの初速度であり、走運動では身体が空中に放り出される離地時の身体重心水平速度、言い換えれば離地時の疾走速度である。つまり、速い選手はストライ

ドが大きいから速いというより、速いからストライドが大きいと考えるほうが基本的には適切であることを意味していると考えられる。

IV. まとめ

本報告では、対象選手らのピッチにあまり違いがなかったため、非常に競技レベルの高い選手のストライドなどについて比較的シンプルに観察することができた。その結果、近年の一流選手である対象選手においては皆ピッチが高く、その値が比較的揃っていたことや、疾走速度が高いほど滞空期距離および滞空時間は長く、接地期距離および接地時間は短くなるため、身体重心の水平移動距離および所要時間はそれぞれ接地期と滞空期の間での差が大きくなることなどが特徴的なものとして示されていた。

参考文献

- 福田厚治, 貴嶋孝太, 伊藤章, 堀尚, 川端浩一, 末松大喜, 大宮真一, 山田彩, 村木有也, 淵本隆文, 田邊智 (2010) 一流短距離選手の疾走動作の特徴 - 第 11 回世界陸上競技選手権大阪大会出場選手について - . 世界一流陸上競技者のパフォーマンスと技術. 日本陸上競技連盟. 39-50.
- 宮下憲, 阿江通良, 横井孝志, 橋原孝博, 大木昭一郎 (1986) 世界一流スプリンターの疾走フォームの分析. Jpn. J. Sports.Sci. 5 (12). 892-898.